

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11)特許出願公表番号

特表平6-501783

第6部門第2区分

(43)公表日 平成6年(1994)2月24日

(51)Int.Cl.^{*}
G 0 2 B 6/16
5/18
6/34

識別記号
7036-2K
9018-2K
7132-2K

F I

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 7 頁)

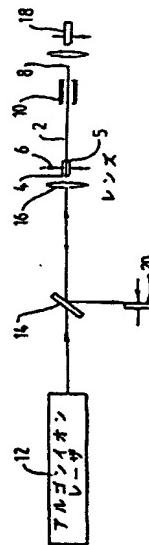
(21)出願番号 特願平3-518193
(86) (22)出願日 平成3年(1991)11月8日
(85)翻訳文提出日 平成5年(1993)5月10日
(86)国際出願番号 PCT/GB91/01968
(87)国際公開番号 WO92/08999
(87)国際公開日 平成4年(1992)5月29日
(31)優先権主張番号 9024326.2
(32)優先日 1990年11月8日
(33)優先権主張国 イギリス(GB)
(81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE,
DK, ES, FR, GB, GR, IT, LU, NL, SE,
AU, CA, JP, KR, US)

(71)出願人 ブリティッシュ・テレコミュニケーションズ・パブリック・リミテッド・カンパニー
イギリス国、イーシー1エー・7エージェイ、ロンドン、ニューゲート・ストリート
81
(72)発明者 カシヤブ、ラマン
イギリス国、アイビー4・3エヌユー、サフォーク、イプスウィッチ、ハンバー・ドウシー・レーン 79
(72)発明者 キャンベル、ロバート・ジョン
イギリス国、アイビー1・2エルビー、サフォーク、イプスウィッチ、サーダー・コード 63
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外3名)

(54)【発明の名称】 光ファイバ格子形成方法

(57)【要約】

光ファイバ(2)はクランプ(6)とピエゾ電気変換段(10)の間に固定される。514.5 nmで放射するアルゴンイオンレーザ(12)は、ファイバ(2)にプラグ格子を書き込むために使用される。異なる縦方向応力は、各プラグ格子を光学的に書き込む前にファイバ(2)に供給される。応力を解除されたファイバ(2)は、異なる供給された応力の数に対応している異なるピーク反射プラグ格子を有する。



請求の範囲

1. 異なる縦方向応力が各格子を光学的に書き込む前にファイバに供給され、全格子が書き込みの時に同じプラグ状態を有することを特徴とする光ファイバ導波体に2つ以上のプラグ格子を形成する方法。
2. 全格子がファイバを通じて同じ波長の光信号を入射することによって書き込まれる請求項1記載の方法。
3. 応力がビエゾ電気伸張装置によってファイバに供給される請求項1および2のいずれか1項記載の方法。
4. ファイバが单一モードの硅素ガルマニウム光ファイバである請求項1乃至3のいずれか1項記載の方法。
5. 光信号が514.5nmの波長を有する請求項4記載の方法。

光ファイバ格子形成方法

本発明は、光ファイバ導波体において2つ以上のプラグ格子を形成する方法に関する。

この明細書における用語「光」は、可視領域の両端部の赤外線領域および紫外線領域の部分と共に可視領域として一般に知られている電磁スペクトルの部分に関するものであり、それは光ファイバのような誘電体光導波体によって伝送されることができる。

光通信の領域およびセンサにおける適用に関して硅素ガルマニウム光ファイバにおける光感性の利用についてかなりの関心がある。光ファイバの屈折率の最初に報告された恒久的な光学的誘導された変化は、文献(1987年、Appl. Phys. Lett. 51, 647)に記載されている。それらの試験において、ファイバ端部から反射され、周期的な反射率が誘導されるファイバにおいて定在波が生成された514.5nmのコヒーレント放射は、その長さに沿って変化する。これは、入射ビームの波長でピークを有するファイバにおいて高反射力プラグ格子が形成される。格子成長機構について多数の研究がされているので、光感性ファイバは例えば文献(1981年、Appl. Phys. Lett. 40, 440)に記載されているように実行される。しかしながら、ファイバコアの屈折率に対する振動を生じる機構は、十分に理解されていない。ファイバが光感性

であるスペクトル領域は、紫外線から約700nmまでの領域に認められる。

ファイバ格子の潜在的な適用は多數ある。例えば通信用において、紫外線レーザによって外部的に書き込まれた同調可能な集積ファイバ格子はスペクトル制御ファイバレーザに使用することができる。文献(1978年、8月のOptics Letters、第3巻、第2号、第66乃至68頁)には、格子形成処理の重要な特性はフィルタ応答特性が調整されることができる範囲であることが記載されている。例えば、複雑なフィルタを形成する1方法は、同時にあるいは連続的に異なる波長の光によるファイバの照射あるいは格子書き込み装置の調整によって同じファイバに2つ以上の簡単な帯域停止特性を重畳することである。

プラグ格子を形成する別の既知の方法は、適当な角度で2つのコヒーレント放射ビームを干渉させることによる格子の側面書き込みによる。格子のピッチは、異なる格子ピッチがこの角度を調整することによって形成されるような2つのビームの交差角度によって決定される。

本発明による光ファイバに2つのプラグ格子を形成する方法は、異なる縦方向応力が各格子を光学的に書き込む前にファイバに供給され、全格子が書き込みの時間に同じプラグ状態を有することを特徴とする。

本発明は、多重波長照射を必要とする利点を有する2つ以上の格子を書き込む方法を提供する。

本発明の方法は、光ファイバが20%まで理論的に直線に

引き伸せることができるという事実を利用する。感光性ファイバの長さ l が波長 λ_0 のレーザからの光によって照射される場合、これは約 $\lambda_0 / 2n_{eff}$ の周期の格子を生じる。ここで n_{eff} はファイバモード屈折率である。ファイバが照射される時に Δl だけ引き伸されている場合、以前と同じピッチ、すなわち同じプラグ状態の格子が書き込まれる。ファイバが応力を解除されて弛緩されるとき、この第2の格子のピッチを書き込んだ後の通常の長さは第1の格子よりもわずかに短い。反射フィルタの場合、第2の格子は、書き込み波長よりも短いピーク波長を有する。これは、同じファイバにおいて複数の異なるピッチの格子を設けるために伸ばされることができる。

例えば、ファイバにおいて異なる周期の2つの格子が存在し、それらが同じ相対的な位相関係を有すると仮定される場合、ファイバにおける屈折率変調は2つの屈折率変調の重畳によって有効に与えられる。これは、次の式によって与えられる。

$$n_{eff}(z) =$$

$$A_1 \cos((k_1 + k_2)z) \cos((k_1 - k_2)z)$$

ここで k_1 および k_2 は2つの格子の波の数であり、 z は伝播方向であり、 A_1 は屈折率振動の振幅である。以下、関心のあるのは第2の変調項であり、高周波数の項である第1の項が定数であると仮定される。(この高周波数の項は、短い波長の反射フィルタとして原理的に使用される。) それ故、屈折率変調は次の式によって与えられる。

$$n_{eff}(z) = A_2 \cos((k_1 - k_2) z)$$

この式から、2つの光学的に書き込まれた格子の周期を選択することによって任意の周期の結果的な格子が生成されることがわかる。ファイバに書き込まれた周波数の異なる格子は、必要な位相整合状態がこれらの処理に合わせることができるので、SHG、偏光変換およびモード変換のような適用に特に重要である。実際の動作波長は k_1 および k_2 の値における差に依存し、実際の書き込み波長には依存しない。例えば、簡単な計算は、ファイバが SHG における位相整合に使用される場合に約 2%だけ引き伸されることを示す。ファイバの長さにおける小さな変化でさえ偏光およびモード変換器を要求される。これらのファイバの長さの変化は、試験において現在使用されているファイバにおいて容易に達成されるべきである。

それはまた、ファイバが約 10%だけ引き伸される場合に 1.3 乃至 1.5 μm の通信帯域幅で使用される反射格子を書き込むことを可能にする。これは理論的に予測された変化の範囲内であるが、ファイバの製造における欠陥のためこれを行うことが可能であるか否かは明確ではない。それが行われると仮定すると、これは高反射の小さな帯域幅の格子がファイバに書き込まれることを可能にする。また、パルス生成および入射レーザ光線の成形を可能にするファイバにおける複数の格子の書き込みも可能になる。

異なる歪みを生成するためにファイバに異なる緩方向応力を供給する通常の方法は、ファイバの 1 端部をクランプし、

ファイバの他端部にクランプされたピエゾ電気変換段によって応力を供給することである。その他の圧力を加える手段として、ピエゾ電気変換段に代ってファイバに取り付けられたクランプされたマイクロメータを使用できることは明らかである。

別の書き込み技術はシリンドラの周りにファイバを巻き付けるために使用され、応力はピエゾ電気エキスパンダによってシリンドラの半径を変えることによってファイバに供給され、ファイバはピエゾ電気クラディングで覆われ、応力は供給された電圧を変化することによって変化される。

本発明は、外部的な格子書き込み方法およびファイバの下に光信号を入射することによって書き込まれた格子に対して適用可能である。

本発明の実施例は、添付図面を参照にして説明される。

図 1 は、本発明の方法を実行するために特別に設計された装置の概略図であり、

図 2 は、相対的な歪の関数であるファイバ格子の反射率および透過率のグラフであり、

図 3 は、供給された歪の関数であるファイバの反射率および透過率のグラフである。

514. 5 nm で單一モード硅素ゲルマニウムファイバに格子を書き込むために使用された試験的装置が図 1 に示されている。0.9 μm の半径および 0.012 の Δn を有するファイバ 2 は、1 端部 4 でクランプされ、端部 4 はガラスフェルール 5 において囲まれ、クランプ 6 によってクランプさ

れ、他方の端部 8 は、この場合ほぼ 50 cm であるファイバの長さが 20 μm まで変化されることができるピエゾ電気変換段 10 に接続される。格子は、部分反射器 14 およびレンズ 16 を介してファイバ 2 の端部 4 にアルゴンイオンレーザ 12 によって発生された 14.5 nm のレーザ光線を結合することによって書き込まれる。格子の書き込み中にファイバ 2 の端部 8 を出る信号は、光検出器 18 上に焦点を結ぶ。それがファイバ 2 中に書き込まれるように格子によって反射された増した信号はファイバ 2 の端部 4 を出て、レンズ 16 によって集められ、部分反射器 14 によって光検出器 20 に反射される。

格子の書き込みおよび読み取り中、入力および監視ビームの偏光は注意深く制御された。

格子の書き込み後のファイバ 2 の反射率プロファイルは、ファイバ中に 514.5 nm の 0.5 mW の光線を入射し、ピエゾ電気変換段 10 を使用してファイバを引き伸すことによって得られた。

図 2 は、シングルモードアルゴンイオンレーザ 12 からの 250 mW が約 2 分間それに入射された後のファイバにおいて形成された典型的な格子の低倍率の反射率／透過率を示している。これは、格子のプラグ状態が歪に関して直線に変化するように格子の反射率／透過率プロファイルを与える。このデータから、格子は 70% のピーク相対性および 482 HMz の帯域幅を有することが認められた。図 2 に示されている格子のプロファイルは、プラグ反射器と通常関連した $s^{-1} n^{-1} c^2$ に類似している。

格子を書き込む前のファイバに供給された歪を変化することによって、さらに 3 つの格子は 46 GHz で分離されたピーク波長をそれぞれ有する同じファイバに光学的に書き込まれた。ファイバに供給された歪を変化することによって、ファイバに書き込まれた 4 つの格子は走査されることができる。

図 3 は、4 つの格子のうち 2 つを通って走査される歪領域に対するアルゴンレーザ 12 からの 514.5 nm のプローブ信号に関する供給された歪の関数である透過率および反射率を示す。

Fig.1.

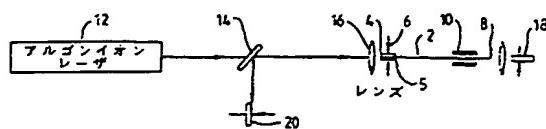


Fig.2.

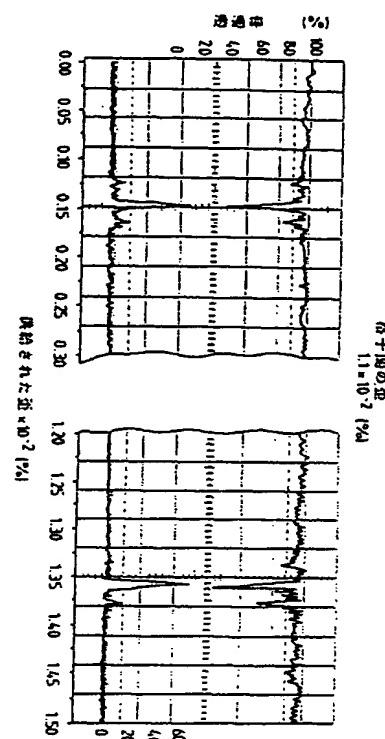
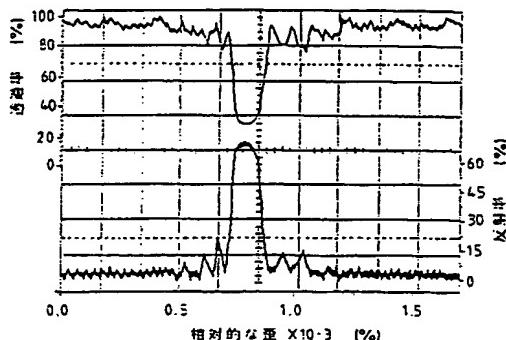


Fig.3.

補正書の翻訳文提出書(特許法第184条の8)

平成5年5月10日

特許庁長官 麻生 康義

1. 國際出願番号

PCT/GB91/01968

2. 発明の名称

光ファイバ格子形成方法

3. 特許出版人

名称 ブリティッシュ・テレコミュニケーションズ・パブリック・リミテッド、
カンパニー

4. 代理人

住所 東京都千代田区霞が関3丁目7番2号
郵便内外国郵便局所内
〒100 電話03(3602)3181 (大代表)
氏名 (5847) 介理士 鮎江武彦
(ほか3名)
印鑑

5. 補正の提出年月日

1992年12月30日

6. 送付書類の目録

(1) 補正書の翻訳文

1通

明細書

光ファイバ格子形成方法

本発明は、光ファイバ導波体において2つ以上のラグ格子を形成する方法に関する。

この明細書における用語「光」は、可視領域の両端部の赤外線領域および紫外線(UV)領域の部分と共に可視領域として一般に知られている電磁スペクトルの部分に関するものであり、それは光ファイバのような誘電体導波体によって伝送されることができる。

光通信の領域およびセンサにおける適用に関して硅素ゲルマニウム光ファイバにおける光感性の利用についてかなりの関心がある。光ファイバの屈折率の最初に報告された恒久的な光学的に誘導された変化は、文献(1981年、Appl. Phys. Lett. 39, 647)に記載されている。それらの試験において、ファイバ端部から反射され、周期的な反射率が誘導されるファイバにおいて定在波が生成された514.5 nmのコピーレント放射は、その長さに沿って変化する。これは、入射ビームの波長でピークを有するファイバにおいて高反射力ラグ格子が形成される。それ以来、格子成長機構について多数の研究がされているので、光感性ファイバは例えば文献(1981年、Appl. Phys. Lett. 20, 440)に記載されているように実行される。しかしながら、ファイバコアの屈折率に対する振動を生じる機構は、十分に理解されていない。ファ

特表平6-501783 (5)

イバが光感性であるスペクトル領域は、紫外線から約700 nmまでの領域に認められる。

ファイバ格子の潜在的な適用は多數ある。例えば通信用において、紫外線レーザによって外部的に書き込まれた同調可能な集積ファイバ格子はファイバレーザのスペクトル制御に使用されることができる。文献(1978年、8月のOptics Letters、第3巻、第2号、第66乃至68頁)には、格子形成処理の重要な特性はフィルタ応答特性が調整されることができる範囲であることが記載されている。例えば、複数のフィルタを形成する1方法は、同時にあるいは連続的に異なる波長の光によるファイバの照射によって同じファイバに2つ以上の簡単な帯域停止特性を重畳することである。

ラグ格子を形成する別の既知の方法は、適当な角度で2つのコヒーレント放射ビームを干渉させることによる格子の側面書き込みによる。格子のピッチは、異なる格子ピッチがこの角度を調整することによって形成されるような2つのビームの交差角度によって決定される。

本発明による光ファイバに2つのラグ格子を形成する方法は、異なる縦方向応力が各格子を光学的に書き込む前にファイバに供給され、全格子が書き込みの時間に同じラグ状態を有することを特徴とする。

本発明は、多重波長照射を必要にする利点を有する2つ以上の格子を書き込む方法を提供する。

本発明の方法は、光ファイバが20%まで理論的に直線に引き伸ばせることができるという事実を利用する。感光性フ

ァイバの長さ l が波長 λ_0 のレーザからの光によって照射される場合、これは約 $\lambda_0 / 2n_{eff}$ の周期の格子を生じる。ここで n_{eff} はファイバモード屈折率である。ファイバが Δ だけ引き伸され、照射される場合、以前と同じピッチ、すなわち同じラグ状態の格子が書き込まれる。ファイバが応力を解除されて弛緩されるとき、書き込んだ後の通常の長さのこの第2の格子のピッチは第1の格子よりもわずかに短い。反射フィルタの場合に、第2の格子は、書き込み波長よりも短いピーク波長を有する。これは、同じファイバにおいて複数の異なるピッチの格子を設けるために伸ばされることができる。

例えば、ファイバにおいて異なる周期の2つの格子が存在する場合、つまり、それらが同じ相対的な位相関係を有すると仮定される場合、ファイバにおける屈折率変調は2つの屈折率変調の重畳によって有効に与えられる。これは、次の式によって与えられる。

$$n_{eff}(Z) =$$

$A_1 \cos((k_1 + k_2) Z) + ((k_1 - k_2) Z)$
ここで k_1 および k_2 は2つの格子の波の数であり、 Z は伝播方向であり、 A_1 は屈折率振動の振幅である。目下、興味のあるのは第2の変調項であり、高周波数の項である第1の項が定数であると仮定される。(この高周波数の項は、短い波長の反射フィルタとして原理的に使用される。) それ故、屈折率変調は次の式によって与えられる。

$$n_{eff}(Z) = A_2 \cos((k_1 - k_2) Z)$$

この式から、2つの光学的に書き込まれた格子の周期を選択することによって、任意の周期の結果的な格子が生成されることがわかる。ファイバに書き込まれた周波数の異なる格子は、必要な位相整合状態がこれらの処理に合わせることができるので、SHG、偏光変換およびモード変換のような適用に特に重要である。実際の動作波長は k_1 および k_2 の値における差に依存し、実際の書き込み波長には依存しない。例えば、簡単な計算は、ファイバがSHGにおける位相整合に使用される場合に約2%だけ引き伸されることを示す。ファイバの長さにおける小さな変化さえ偏光およびモード変換器に要求される。これらのファイバの長さの変化は、試験において現在使用されているファイバにおいて容易に達成されるべきである。

それはまた、ファイバが約10%だけ引き伸される場合に1.3乃至1.5 μmの通信帯域幅で使用される反射格子を書き込むことを可能にする。これは理論的に予測された変化の範囲内であるが、ファイバの製造における欠陥のためこれを行うことが可能であるか否かは明確ではない。それが行われると仮定すると、これは高反射の小さな帯域幅の格子がファイバに書き込まれることを可能にする。また、ファイバにおける複数の格子の書き込みも可能となり、パルス生成および入射レーザ光線の成形を可能にする。

異なる歪みを生成するためにファイバに異なる縦方向応力を供給する通常の方法は、ファイバの1端部をクランプし、ファイバの他端部にクランプされたビエゾ電気変換段によっ

て応力を供給することである。その他の圧力を加える手段として、ビエゾ電気変換段に代ってファイバに取り付けられたクランプされたマイクロメータを使用できることは明らかである。

別の書き込み技術は例えばシリンダの周りにファイバを書き付けるために使用され、応力はビエゾ電気エキスパンダによってシリンダの半径を変えることによってファイバに供給される。また、ファイバはビエゾ電気クラディングで覆われ、応力は供給された電圧を変化することによって変化される。

本発明は、外部的な格子書き込み方法およびファイバの下に光信号を入射することによって書き込まれた格子に対して適用可能である。

本発明の実施例は、添付図面を参照にして説明される。

図1は、本発明の方法を実行するために特別に設計された装置の概略図であり、

図2は、相対的な歪の関数であるファイバ格子の反射率および透過率のグラフであり、

図3は、供給された歪の関数であるファイバの反射率および透過率のグラフである。

514.5 nmで単一モード硅素ゲルマニウムファイバに格子を書き込むために使用された試験的装置が図1に示されている。0.9 μmの半径および0.012の Δn を有するファイバ2はグラスフェルール5において囲まれた1端部4を有し、クランプ6によってクランプされる。ファイバ2の他方の端部8は、この場合は50 cmであるファイバの長

さが20μmまで変化することができるビエゾ電気変換段10に接続される。格子は、部分反射器14およびレンズ16を介してファイバ2の端部4にアルゴンイオンレーザ12によって発生された514.5nmのレーザ光線を結合することによって書き込まれる。格子の書き込み中にファイバ2の端部8を出る信号は、光検出器18上に焦点を結ぶ。それがファイバ2中に書き込まれるように格子によって反射された増加した信号はファイバ2の端部4を出て、レンズ16によって集められ、部分反射器14によって光検出器20に反射される。

格子の書き込みおよび読み取り中、入力および監視ビームの偏光は注意深く制御される。

格子の書き込み後のファイバ2の反射率プロファイルは、ファイバ中に514.5nmの0.5mWの光線を入射し、ビエゾ電気変換段10を使用してファイバを引き伸すことによって得られる。

図2は、シングルモードアルゴンイオンレーザ12からの250 mWが約2分間それに入射された後のファイバにおいて形成された典型的な格子の低倍率の反射率／透過率を示している。これは、格子のプラグ状態が歪にに関して直線に変化するよう格子の反射率／透過率プロフィルを与える。このデータから、格子は70%のピーク相対性および4.82 nm²の帯域幅を有することが認められた。図2に示されている格子のプロフィルは、プラグ反射器と通常関連したsin²に類似している。

格子を書き込む前のファイバ2に供給された歪を変化する

請求の範囲

- 異なる端方向応力が各格子を光学的に書き込む前にファイバに供給され、全格子が書き込みの時に同じブレッドクラック状態を有することを特徴とする光ファイバ導波体に2つ以上のブレッドクラック格子を形成する方法。
 - 全格子がファイバを通る同じ波長の光信号を入射することによって書き込まれる請求項1記載の方法。
 - 応力がビエゾ電気伸張装置によってファイバに供給される請求項1あるいは2記載の方法。
 - ファイバが単一モードの硅素ゲルマニウム光ファイバである請求項1乃至3のいずれか1項記載の方法。
 - 光信号が514.5nmの波長を有する請求項4記載の方法。

特表平6-501783(6)

ことによって、さらには3つの格子は4.6 GHzで分離されたピーク波長をそれぞれ有する同じファイバに光学的に書き込まれる。ファイバに供給された亞を変化することによって、ファイバに書き込まれた4つの格子は走査されることができる。

図3は、4つの格子のうち2つを通して走査する歪領域に対するアルゴンレーザ12からの514.5 nmのプローブ信号に関する供給された歪の関数である透過率および反射率を示す。

国際調査報告

GB 9101968
SA 52077

This annex lists the present facility measures relating to the present documents which is the aforementioned International search report.
 The annexes are as contained in the European Patent Office (EPO) file.
 The European Patent Office is in no way liable for those portions which are clearly given for the purpose of information. 11/02/92

Present measure listed in search report	Publication date	Present facility measures(s)	Publication date
GB-A-2162836	12-02-86	None	
WO-A-8601303	27-02-86	EP-A- 0191063 JP-T- 62800052 US-A- 4807950 US-A- 4725110	ED-08-86 DE-01-87 EP-02-89 US-02-89
US-A-4636031	13-01-87	None	

For more details about this annex, see Official Journal of the European Patent Office, Pn. 2147